

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平 8-505960

(43) 公表日 平成8年(1996)6月25日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

G 0 2 F 1/313

識別記号

庁内整理番号

F I

7625-2 K

J1040 U.S. PRO  
10/061307  
02/04/02

審査請求 未請求 予備審査請求 有

(全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平6-517163  
(86) (22) 出願日 平成6年(1994)1月18日  
(85) 翻訳文提出日 平成7年(1995)7月20日  
(86) 国際出願番号 PCT/US94/00665  
(87) 国際公開番号 W094/17432  
(87) 国際公開日 平成6年(1994)8月4日  
(31) 優先権主張番号 08/006,889  
(32) 優先日 1993年1月21日  
(33) 優先権主張国 米国 (US)  
(81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), JP

(71) 出願人 イーテック・ダイナミックス・インコーポレイテッド  
アメリカ合衆国、95161 カリフォルニア州、サン・ホーゼイ、ランディ・アベニュー、1885  
(72) 発明者 パン、ジン・ジョン  
アメリカ合衆国、95035 カリフォルニア州、ミルピタス、ウェストリッジ・ドライブ、978  
(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)

(54) 【発明の名称】 偏光に左右されない光学スイッチ／減衰器

(57) 【要約】

制御端子上の信号にตอบสนองして入力ファイバ (27) から出力ファイバ (28) への光学信号の強度を制御する、光学装置である。装置は入力ファイバ (27) と関連付けられた第1のGRINレンズ (21) と、第1の複屈折偏光子 (22) と、液晶セル (20) と、第2の複屈折偏光子 (24) と、出力ファイバ (28) に関連付けられた第2のGRINレンズ (25) とを有する。第1 (22) および第2 (24) の偏光子の間に位置づけられ、かつ制御端子に接続された液晶セル (20) は、前記制御端子上の信号にตอบสนองして第1の偏光子の光軸から第2の偏光子の光軸に向かって光学信号を制御可能なように回転させる。装置の動作は、入力ファイバにおける光学信号の偏光には左右されない。さらに、この装置は偏光子および液晶セルの軸を適切に配列することによって、光学スイッチまたは光学減衰器として動作させることができる。

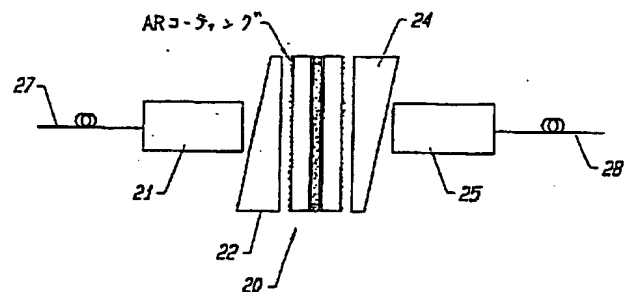


FIG. 2

**【特許請求の範囲】**

1. 入力光ファイバおよび出力光ファイバへの接続のための光学装置であつて、前記装置は少なくとも 1 つの制御端子を有し、前記装置は前記制御端子上の信号に応答して前記入力ファイバから前記出力ファイバへの光学信号の強度を制御し、前記装置は、

前記入力光ファイバからの前記光学信号を視準するよう配列された第 1 の GRIN レンズと、

前記第 1 の GRIN レンズからの視準された光学信号からの移動の線に対し垂直な光軸を有する第 1 の複屈折偏光子とを備え、前記第 1 の偏光子は前記第 1 の GRIN からの前記光学信号を 2 つの偏光モードに分割するよう配列され、さらに

前記第 1 の GRIN レンズからの視準された光学信号からの移動の線に対し垂直でありかつ前記第 1 の偏光子の前記光軸から予め定められた角度だけずれている、光軸を有する第 2 の複屈折偏光子と、

前記第 2 の偏光子から前記出力ファイバへの前記光学信号を再視準するよう配列される第 2 の GRIN レンズと、

前記第 1 および第 2 の偏光子間に配設され、前記制御端子に接続されて、前記制御端子上の前記信号に応答して前記第 2 の偏光子の前記光軸に向かって前記第 1 の偏光子の前記光軸からの前記光学信号を制御可能なように回転させるための手段とを備え、

前記装置の性能は前記入力ファイバにおける前記光学信号の偏光には左右されない、光学装置。

2. 前記回転手段は液晶セルを含む、請求項 1 に記載の光学装置。
3. 前記液晶セルはスメクティック液晶を含む、請求項 2 に記載の光学装置。
4. 前記スメクティック液晶は強誘電性である、請求項 3 に記載の光学装置。
5. 前記液晶セルはネマティック液晶を含む、請求項 2 に記載の光学装置。
6. 前記制御信号は 2 つの状態を有し、一方の状態は前記第 1 の偏光子の前記光軸から前記第 2 の偏光子の前記光軸に向かっての前記光学信号の完全な回転に

対応しており、他方の状態は前記第1の偏光子の前記光軸から前記第2の偏光子の前記光軸に向かつての前記光学信号の回転がないことに対応しており、前記装置は光学スイッチとして動作する、請求項6に記載の光学装置。

7. 前記予め定められた角度は90度であり、それにより前記光学信号は完全にオフおよびオンに切換えられ得る、請求項6に記載の光学装置。

8. 前記第1の偏光子の前記光軸から前記第2の偏光子の前記光軸に向かつての前記光学信号の回転量は、前記制御信号の強度に対応しており、それにより前記装置は光学減衰器として動作する、請求項1に記載の光学装置。

9. 前記予め定められた角度は90度であり、それにより前記光学信号は完全に減衰され得る、請求項8に記載の光学装置。

10. 前記第1および第2の偏光子はニオブ酸リチウムを含む、請求項2に記載の光学装置。

11. 入力光ファイバおよび出力光ファイバへの接続のための光学装置であって、前記装置は少なくとも1つの制御端子を有し、前記装置は前記制御端子上の信号に応答して前記入力ファイバから前記出力ファイバへの光学信号の強度を制御し、前記装置は、

前記入力光ファイバからの前記光学信号を視準するよう配列される第1のGRINレンズと、

前記第1のGRINレンズからの視準された光学信号からの移動の線に垂直な光軸を有する第1の複屈折ニオブ酸リチウム偏光子とを備え、前記第1の偏光子は前記第1のGRINからの前記光学信号を2つの偏光モードに分割するように配列され、さらに

前記第1のGRINレンズからの視準された光学信号の前記移動の線に垂直であり、かつ前記第1の偏光子の前記光軸から予め定められた角度だけずれている、光軸を有する第2の複屈折ニオブ酸リチウム偏光子と、

前記第2の偏光子からの前記光学信号を前記出力ファイバに再視準するよう配列される第2のGRINレンズと、

前記第1および第2の偏光子間に配設され、前記制御端

子に接続されて、前記制御端子上の前記信号に応答して前記第 2 の偏光子の前記光軸に向かって前記第 1 の偏光子の前記光軸からの前記光学信号を制御可能なように回転させるための、液晶セルとを備える光学装置であって、

前記装置の性能は前記入力ファイバにおける前記光学信号の偏光には左右されない、光学装置。

12. 前記制御信号は 2 つの状態を有し、一方の状態は前記第 1 の偏光子の前記光軸から前記第 2 の偏光子の前記光軸に向かっての前記光学信号の完全な回転に対応しており、他方の状態は前記第 1 の偏光子の前記光軸から前記第 2 の偏光子の前記光軸に向かっての前記光学信号の回転がないことに対応しており、それにより前記装置は光学スイッチとして動作する、請求項 11 に記載の光学装置。

13. 前記予め定められた角度は 90 度であり、それにより前記光学信号は完全にオンおよびオフに切換えられ得る、請求項 12 に記載の光学装置。

14. 前記液晶セルはスメクティック液晶を含む、請求項 12 に記載の光学装置。

15. 前記スメクティック液晶は強誘電性である、請求項 14 に記載の光学装置。

16. 前記液晶セルはネマティック液晶を含む、請求項 12 に記載の光学装置。

17. 前記第 1 の偏光子の前記光軸から前記第 2 の偏光子の前記光軸に向かっての前記光学信号の回転の量は前記

制御信号の強度に対応し、それにより前記装置は光学減衰器として動作する、請求項 11 に記載の光学装置。

18. 前記予め定められた角度は 90 度であり、それにより前記光学信号は完全に減衰され得る、請求項 17 に記載の光学装置。

19. 前記液晶セルはスメクティック液晶を含む、請求項 17 に記載の光学装置。

20. 前記スメクティック液晶は強誘電性である、請求項 19 に記載の光学装置。

21. 前記液晶セルはネマティック液晶を含む、請求項17に記載の光学装置

。

## 【発明の詳細な説明】

偏光に左右されない光学スイッチ／減衰器

## 発明の背景

本発明は光ファイバ技術に関し、より特定のには、光学スイッチおよび光学減衰器などの光ファイバネットワークにおいて有用な光学装置に関する。

地上および空間制御、コマンド、無線／データ伝送、センサ光線、電気通信およびネットワークのために必要とされるような、複雑な電子システムには、スイッチングマトリックスのための高性能スイッチが必要である。これまでは、ほとんどの従来の電気または電気機械的スイッチングマトリックスには、熱効果および熱の問題が大きいこと、サイズや重量や電力消費におけるコストが大きいこと、動作帯域幅が狭いこと、ならびに電磁干渉、電磁パルスまたはRF干渉の影響を受けやすいという短所があった。

したがって、多くの通信および制御システムは、電磁干渉、電磁パルス、またはRF干渉を免れることなど、これらの問題の多くを回避し、かつこれらのシステムにおけるサイズ、重量および要素のコストを減らすために、光ファイバまたは電気光学システムに移行している。しかしながら、現在の光ファイバまたは電気光学スイッチには、未だにさまざまな不都合がある。たとえば、商業的に入手可能な光ファイバスイッチは、 $1 \times 2$ または $2 \times 2$ の構成である。しかし、これらのスイッチには、物理的サイズの大き

さ、コストの高さ、スイッチ内での機械部分の動きに起因する信頼性の低さを含むいくつかの問題点がある。さらに、これらのタイプのスイッチにより、微細小型スイッチングマトリックスを作り上げることは困難となる。なぜなら、これらのスイッチは、さまざまな光ファイバ相互接続およびスプライスにおいて機械的な装着を必要とするからである。さらに、これらの光学スイッチは、スイッチング速度が低く、かつ機械部分を動かすのに大量の電力を消費する。その結果、熱の発生が望ましくないほど大きくなる。

別の例として、液晶、電気光学的ニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ )、または音響光学結晶を有する偏向型スイッチがある。これらには、前述した光学機械的

光ファイバスイッチにおける不都合がない。さらに、これらのスイッチは高い（ピコセカンド）スイッチング速度で動作することができる。しかしながら、これらのスイッチには、複雑な製造プロセスが必要であり、その結果コストが高くなりスイッチングアレイの製造が困難となる。さらに、性能の短所には、挿入損失が高いことおよびクロストークから免れにくいということが含まれる。

別のタイプのスイッチ、すなわち液晶シャッタスイッチは、電気光学スイッチおよび偏向型スイッチにおける問題点の多くを回避する。このタイプのスイッチは、容易に組合せてスイッチマトリックスまたはスイッチアレイを形成することができる。しかしながら、このタイプのスイッチ

の不利な点は、これが入来する光信号の偏光に敏感であり、最大3 dBの挿入損失を有するかもしれないことである。

本発明は液晶シャッタスイッチの多くの利点を保持しつつ問題点を解決する、または実質的に緩和するものである。

#### 発明の概要

本発明は制御端子への信号に応答して入力ファイバから出力ファイバへの光学信号の強さを制御する、光学装置に備えたものである。この装置は、入力ファイバと関連付けられた第1のGRINレンズと、第1の複屈折偏光子と、液晶セルと、第2の複屈折偏光子と、出力ファイバと関連付けられた第2のGRINレンズとを有する。

第1のGRINレンズは、入力光ファイバからの光学信号を第1の偏光子に向けて視準するように配列される。第1の複屈折偏光子は、第1のGRINレンズからの視準された光学信号からの移動の線に垂直な光軸を有しており、光学信号を2つの偏光モードに分割する。第2の複屈折偏光子は、第1のGRINレンズからの視準された光学信号からの移動の線に垂直であり、かつ第1の偏光子の光軸からは予め定められた角度だけずれている光軸を有する。第2のGRINレンズは、第2の偏光子からの光学信号を出力ファイバに再視準するよう配列される。

最後に、第1および第2の偏光子の間に位置づけられ、制御端子に接続された

液晶セルは、第1の偏光子の光軸からの光学信号を前記制御端子への信号に応答して第2の偏

光子の光軸に向かって制御可能なように回転させる。

装置の動作は、入力ファイバにおける光学信号の偏光には左右されない。さらに、装置は偏光子および液晶セルの軸を適切に配列することにより、光学スイッチまたは光学減衰器として動作させることができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、現在の液晶シャッタスイッチの断面図である。

図2は、本発明に従う改良された液晶シャッタスイッチ／減衰器の断面図である。

図3は、図2のシャッタスイッチの要素の斜視図であって、特にスイッチ／減衰器の要素のいくつかにおける光軸の整列を示す。

図4Aは、液晶セルがオンにされたときの、スイッチにおける第1および第2の偏光子ならびに液晶セルを介しての光学信号の一般化された光線のトレーシングの図であり、図4Bは、セルがオフにされたときの、第1および第2の偏光子ならびに液晶セルを介しての入力光学信号の一般化された光線のトレーシングの図である。

図5Aは、図2の液晶セルの正面図であり、図5Bは、図5Aにおける液晶セルの横断面図である。

#### 好ましい実施例の詳細な説明

図1は、従来の液晶光ファイバシャッタスイッチを表わす断面図である。入力端子（図示せず）上の制御信号に応答して、スイッチは入力ファイバ17から出力ファイバ1

8へ入力光学信号を通過させるか、または遮蔽するか of のいずれかである。この従来型の液晶シャッタスイッチにおける典型的な要素は、第1および第2のGRINレンズ11および15のそれぞれと、ときにはアナライザとも呼ばれる第1の偏光子12および第2の偏光子14と、第1および第2の偏光子12および14



の間の液晶セル10とを含む。

上で注目されたように、このタイプの光学スイッチにはスイッチの性能が入力ファイバ17からの光学信号の偏光に大きく依存しているという問題がある。挿入損失は3 dBを上回ることもありえ、これは非常に望ましくないことである。

本発明は、入力光学信号の偏光に左右されない性能を有する、光学スイッチに備えたものである。このような偏光からの独立性は、1991年11月1日に提出されており「改良された光アイソレータ (AN IMPROVED OPTICAL ISOLATOR)」と題された本願発明者によるものであり本願の譲受人に譲渡されている、出願人の共通の譲受人に譲渡されている米国特許出願連続番号第07/786, 434号に記載されているような光ファイバアイソレータに見られる。本発明は偏光に左右されない性能を達成するべく、光アイソレータの特徴のいくつかを適合させている。

図2は、本発明における要素を断面で表わす図である。本発明に従う光学スイッチは、入力光ファイバ27と関連

付けられた第1のGRIN (グレーデッドインデックス) レンズ21と、出力光ファイバ28と関連する第2のGRINレンズ25と、第1の楔形状の複屈折偏光子22と、液晶セル20と、第2の楔形状の複屈折偏光子24とを有する。偏光子22, 24およびセル20は第1および第2のGRINレンズ21および25の間に位置している。偏光子22および24の楔の角度は、相補であるので、第1の偏光子22に特定の角度で入る光線は同じ角度で第2の偏光子24を出ていく。

一般的にいて、入力ファイバ27からの光学信号は近似4分の1ピッチGRINレンズによって視準される。視準された光は複屈折偏光子22によって2つの偏光モードに分割され、液晶セル20および第2の複屈折偏光子24を通過し、やはり近似4分の1ピッチである第2のGRINレンズ25によって再視準される。セル20の状態に応じて、光学信号は出力ファイバ28に伝送されてもよいし、伝送されなくともよい。換言すれば、光学スイッチが説明されている。

偏光子22および24の光軸の適切な配列によって、スイッチは入来する光学

信号のいかなる偏光にも左右されずに動作する。図3は図2の偏光子22および24ならびに液晶セル20のさまざまな光軸の配向を示す。第1の偏光子22の光軸は第1のGRINレンズ21からの視準された光信号の移動の線に垂直な任意の方向において配列され

る。第2の偏光子24の光軸は、第1の偏光子22の光軸から90度回転されるように配列され、視準された光ビームの移動の線に垂直である。セル20がオンにされると、液晶の光軸は第1の偏光子22の光軸から45度のところにあり、セル20は光信号がセル20を通して移動する際に180度の位相遅延があるような厚みを有する。

本発明に従う光学スイッチの動作が、図4Aおよび図4Bに示される。図4Aでは、セル20はオンにされているので、セル内の液晶は整列している。入射ビーム40が第1の複屈折偏光子21に当たり、2つの偏光モードに分割される。一方は異常光線のためのものであり、他方は常光線のためのものである。液晶セル20がオンにされているとき、光信号が90度回転される。換言すれば、異常光線は第1の偏光子21のために常光線の軸線に沿って偏光され、常光線はこのとき偏光子21の異常軸に沿って偏光される。

第2の複屈折偏光子24はその光軸が第1の偏光子21の光軸に対して90度であるように配列されているので、セル20からの異常光線の偏光軸は第2の偏光子24の異常軸と合致する。同様に、常ビームの偏光軸は第2の偏光子24の常軸と合致する。異常光線のための屈折率は、第1の偏光子についても第2の偏光子についても同じである。これは、常光線にもあてはまる。したがって、第2の偏光子24を出ていく常光線および異常光線は、入射ビーム4

0に平行である。第2のGRINレンズ25（図2参照）は、非常に低い挿入損失で、出力ファイバ28のための出力信号に異常光線および常光線を結合および再視準する。

図4Bは、液晶セル20がオフにされているときのスイッチの動作を示す。前の場合のように、第1の偏光子21が入射光40を偏光子21の異常軸および常

軸に沿って偏光モードを備える2つの光線に分割する。液晶セル20がオンにはされていないので、第1の偏光子21からの光は影響なく通りすぎる。第2の偏光子24の光軸は第1の偏光子21の光軸に関して90度に配列されているので、第1の偏光子21の異常軸に沿って偏光された異常光線は、偏光子24の常軸と合致する。常光線、すなわち偏光子21の常軸に沿って偏光された光は、第2の偏光子24の異常軸と合致する。したがって、各光線は第1および第2の偏光子21および24において異なった屈折率を有する。よって、これらの光線は第1のGRINレンズ21からの元の移動の線から偏向される。

図4Bに示したように、常光線は元の移動の線から角度 $\delta$ だけ偏向されており、異常光線は反対方向に元の移動の線から角度 $\delta$ だけ偏向されている。コリメータ/リコリメータとして働くGRINレンズに対する入射角度への高い感度により、異常ビームおよび常ビームの双方のためのこれらの小さい偏向された角度 $\delta$ は、高い減衰を生じる。たとえば、 $0.6^\circ$ の偏向角度 $\delta$ でおよそ50dBの減衰が

ある。したがってすべての意図および目的について、入力ファイバ27から出力ファイバ28によって受け取られる光はない。入力ファイバ27からの光は出力ファイバ28からは遮断されている。

この液晶型スイッチにおいて用いられる液晶セルは、セル20に用いられている。図2に示したように、第1のGRINレンズ21に向いたセル20の表面は、よりよい性能のために反射防止コーティングで覆われている。図5Aおよび図5Bは液晶セル20の構成における細部を示す。図5Aはプレート50を一番手前にしたセル20の正面図である。斜線の領域57は液晶材料を含むセルの領域を表わす。このセルの側面図が、図5Bであり、これは図5Aの点線5B-5Bによって示されるものである。

セル20はガラスプレート50および51を有しており、その各々はそれぞれインジウム酸化第一スズからなるコーティング52および53でそれぞれ覆われた、互いに向き合っている表面を有する。図に示したように、プレート50および51はコーティング52および53をいくらか露出させるよう互いからずれて

おり、これによりセル20のための透明な電極が形成される。ポリマーからなる絶縁層54および55はコーティング52および53の互いに向き合う部分を覆う。層54および55にはポリイミドを用いてもよい。プレート50および51の間のポリスチレンビーズから形成されるスペーサ56が、プレート間の正確

な分離を維持し、セル20の液晶のためのキャビティを形成する。アイオワ州ワーリントン (Warrington, Iowa) のポリサイエンス・インコーポレイテッド (Polysciences, Inc.) からの直径15.8  $\mu\text{m}$ のビーズが、スペーサ材料として満足以働くということが発見されている。スペーサ56の厚みによっては、マイラー、カプトン、ポリプロピレン、およびポリカーボネートなどのさまざまな材料からなるファイバロッドおよび薄膜も、スペーサとして用いられてもよい。UV (紫外光) で硬化されたエポキシが、スペーサ56をポリマー層54および55 (ならびにプレート50および51) に結合する。

プレート50および51は正確に互いと整列されているわけではないので、導電性コーティング52および53のいくつかの部分が露出している。これにより、示されているように、制御端子58および59をコーティングに接続できる。制御端子58および59上の信号が、セル20の制御された動作のために、コーティング電極の間の電界を作り出す。一方向または他方向に結晶を整列させる電界を作るための端子58および59への信号は、セル20のための「オン」および「オフ」状態を作り出す。もちろん、これらの制御信号は、複数ではあるが、制御端子58および59の一方を基準電位に接続、たとえば接地し、残りの制御端子を接地された端子に対して正または負に駆動することによって、単一の制御信号にすることができるだろう。

注目されるのは、液晶を整列させるのに必要な電圧は、特に数百ボルトの電圧を必要とするかもしれない電気光学結晶と比較すると、低いものであるということである。これらの低い電圧は、液晶が高速に切換わることを可能にする。

セル20に用いられてもよい、高性能液晶セルおよびその製造に関するさらなる詳細は、1990年4月から5月に本件の譲受人によって全国航空宇宙局 (Na

tional Aeronautics and Space Administration) に提出された米国政府レポートNo. NAS 10-11550に見られるだろう。このレポートは、図1に示されたような先行技術のスイッチのための液晶セルの性能および製造を開示している。

セル20の内容物には、ネマティックおよびスメクティック液晶の双方が用いられてもよい。しかしながら、スメクティックC\*型液晶が好ましい。これらの液晶は、強誘電性である、すなわち自己偏光性であり、外部から与えられる電界で再配向できる。すべての液晶セルは高速で切換わるが、このような強誘電性液晶はネマティック液晶よりもおよそ1000倍の速さで切換わるということができるといことが発見されている。これらの強誘電性液晶はまた、より低いしきい値電圧を有する。したがって、強誘電性液晶セルの製造および整列はネマティック液晶よりも複雑であるにもかかわらず、強誘電性液晶セルはより優れた性能および利点を備えている。

強誘電性液晶では、セル20は決して「オフ」または

「オン」にはならない。むしろ、一方の状態では自己偏光した結晶が一方向に整列されており、他方の状態では結晶は第2の方向に整列させられている。たとえば、上述の光学スイッチでは強誘電性液晶セルは、第1の偏光子22の光軸が「オフ」状態にある状態でその電極が結晶と整列しており、偏光子22の光軸が「オン」状態にあるときに45度になっているように配列される。

入力および出力ファイバ27および28、第1および第2のGRINレンズ21および25、第1および第2の偏光子22および24の配列および構成の詳細については、上述されここに引用により援用される米国特許出願連続番号07/786,434号を参照されたい。

本発明は偏光に左右されない光学減衰器として動作するようにも適合され得る。第一の偏光子22、第2の偏光子25、およびセル20の軸を適切に整列させることにより、入力ファイバ27から出力ファイバ28への光学信号の電力が予め定められた量だけ低減できる。ある意味では、スイッチとは減衰が完全である減衰器である。

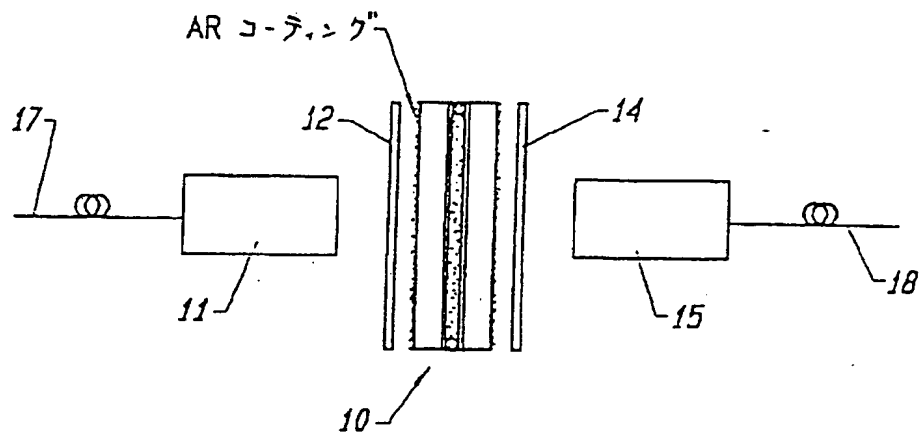
減衰器の一例は、アナログ制御信号に応答するセル20を有する。制御信号の強度に応答して、液晶の光軸は第1の偏光子からの光信号が90度回転されるまで回転される。したがって、出力ファイバ28への入力ファイバ27からの光信号は制御信号の強度と正比例して減衰される。完全な強度では、信号は完全に遮断される。制御信号がデジタ

ル化された態様で動作し、それにより信号が段階的に減衰されるようにすることが可能である。

説明されたスイッチの変形例は、偏光子22および25の軸を互いに関して再整列する。液晶セルがオンにされているときでも、すべての光が遮断されているわけではない。したがって、軸の再配列に従い、セル20がオンにされたときに光の予め定められた部分だけが遮断される。等価な結果が、液晶の光軸をオンになったときに再配列することによって達成され得る。

以上は、本発明の好ましい実施例の完全な説明であるが、様々な代替例、変形例および等価物を用いてもよい。本発明は上述の実施例に適切な変形を行なうことにより等しく応用可能であるということが明らかなはずである。したがって、上の説明は次に記載する請求の範囲における境界と限定によって規定される発明の範囲を制限するものとはとられるべきではない。

【図1】

FIG. 1  
(PRIOR ART)

【図2】

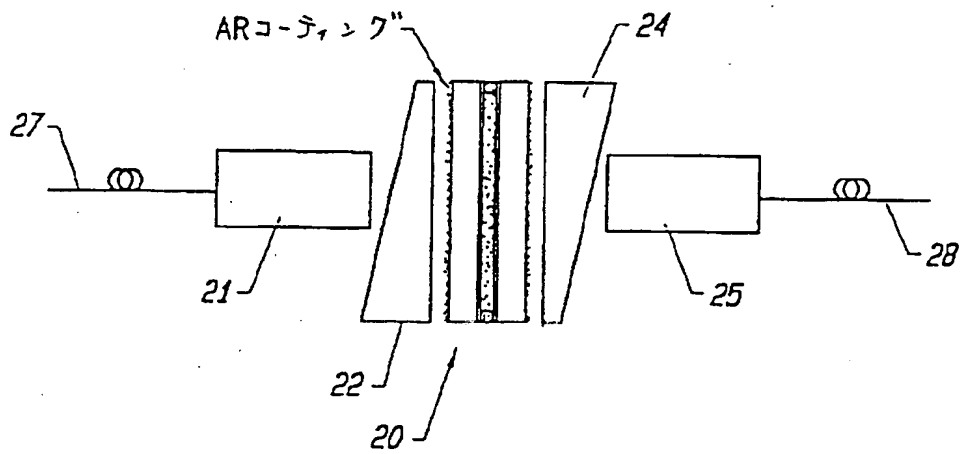


FIG. 2

【図3】

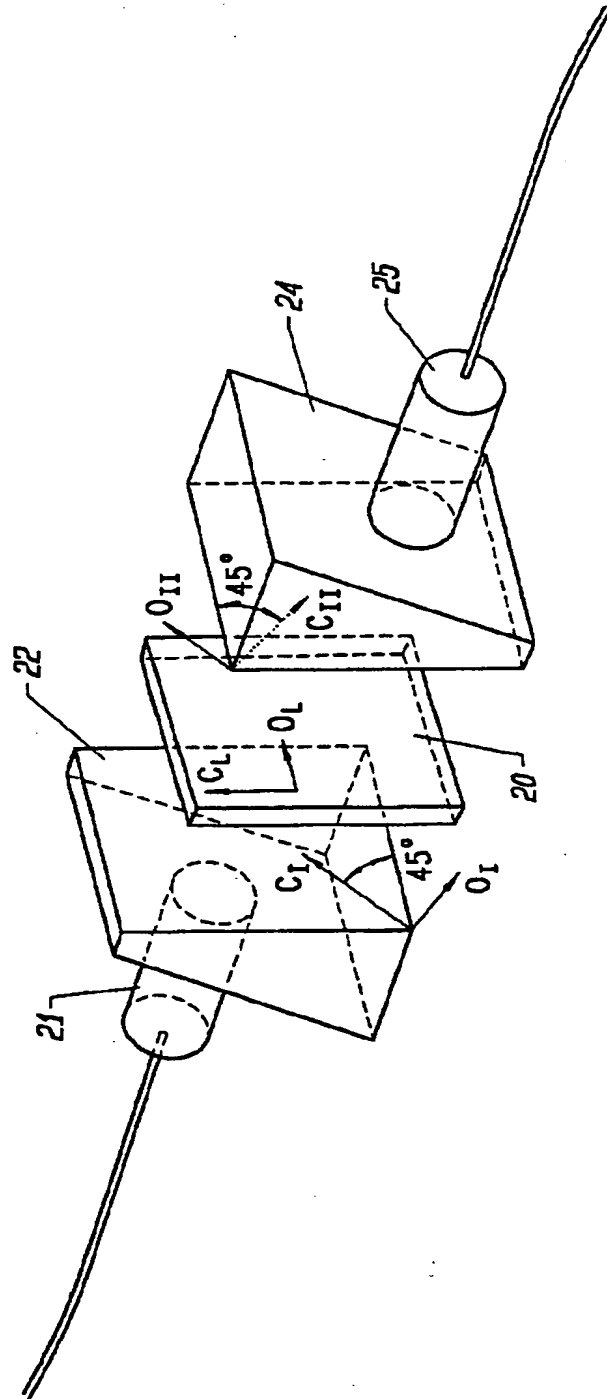


FIG. 3



【図4A】

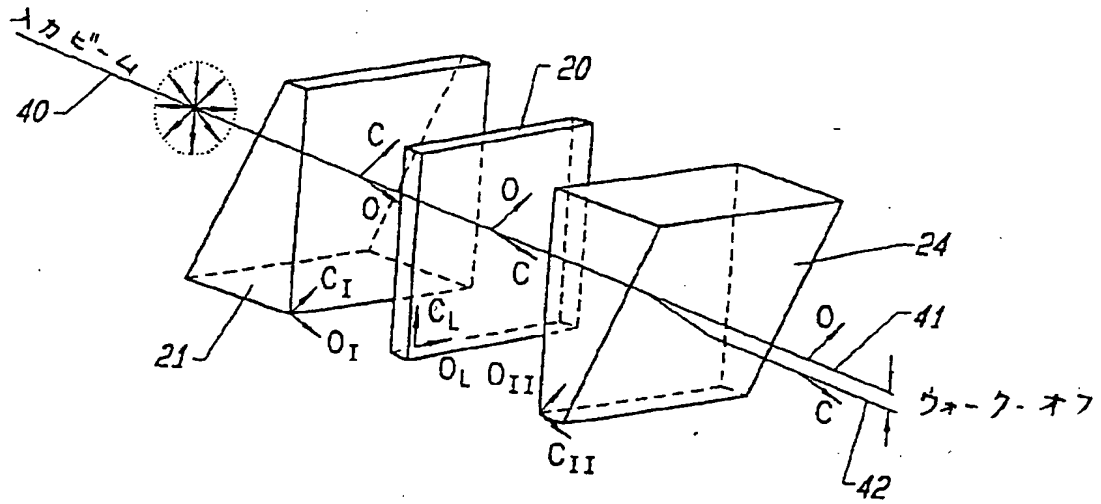


FIG. 4A

【図4B】

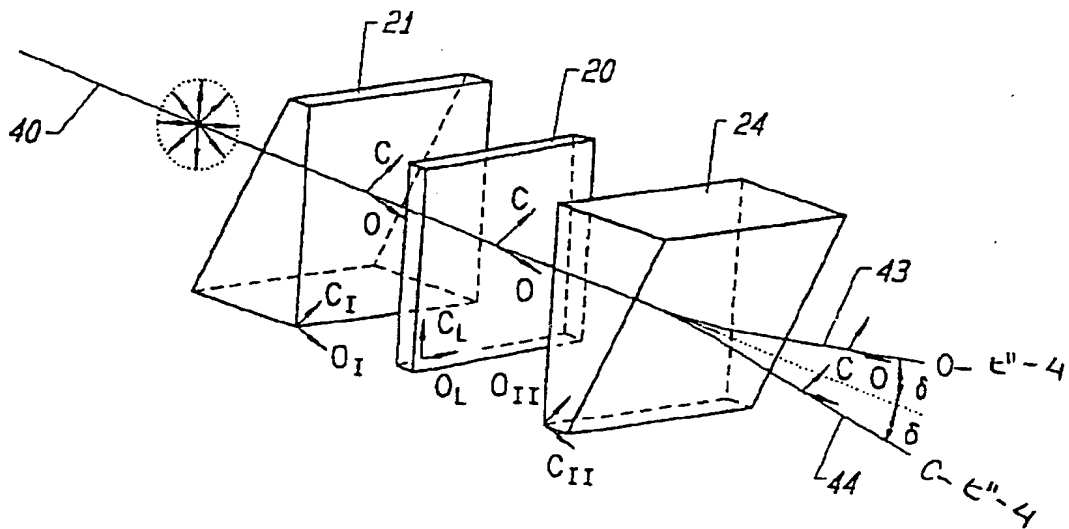


FIG. 4B

【図5A】

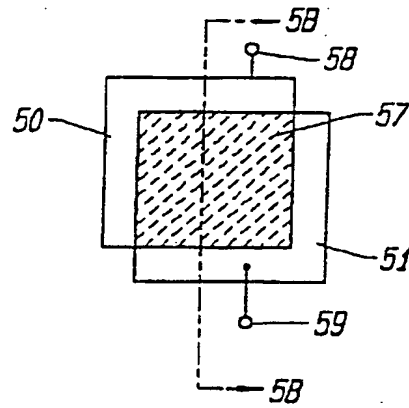


FIG. 5A

【図5B】

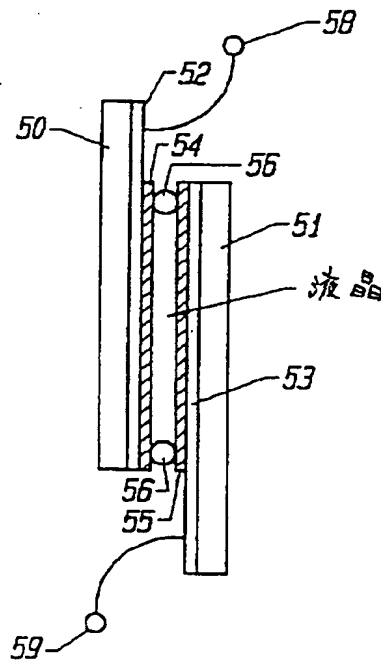



FIG. 5B

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US94/00665

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(5) : G02B 6/32 US CL : 385/34 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 385/34, 31, 33; 359/63, 315, 350, 352, 355, 362, 36, 37, 39, 41, 42 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 5,163,107 (GARRISS) 10 November 1992. See the entire document.	1-21
A	US, A, 5,071,232 (KATO, et al) 10 December 1991. See the entire document.	1-21
A	US, A, 4,893,890 (LUTES) 16 January 1990. See the entire document.	1-21
A	US, A, 4,842,360 (CARO et al) 27 June 1989. See the entire document.	1-21
A	US, A, 4,239,329 (MATSUMOTO) 16 December 1980. See the entire document.	1-21
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "A" document defining the general state of the art which is not considered to be part of particular relevance "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "E" earlier document published on or after the international filing date "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "A" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search 15 APRIL 1994		Date of mailing of the international search report 25 APR 1994
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. NOT APPLICABLE		Authorized officer for ROBERT E. WISE  Telephone No. (703) 308-4880

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US94/00665

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A. 4,398,791 (DORSEY) 16 August 1983. See the entire document.	1-21